

## **Posudek**

### **na doktorskou disertační práci Ing. Tomáše Nacházela:**

### **Human Activities Simulation Based on Fuzzy Cognitive Maps.**

Předložená doktorská disertační práce Ing. Tomáše Nacházela má rozsah 109 stran a je rozčleněna do 7 kapitol. V CD příloze je kromě digitální verze dizertace též model Ambientní inteligence a Model umělého života z příkladu na platformě NetLogo. Dále práce obsahuje obsáhlý seznam citovaných publikací, seznam autorových publikací i přehled jeho zapojení do výzkumných projektů. Pro pohodlí čtenáře práce obsahuje též seznam použitých zkratk.

V Úvodu autor naznačil základní motivaci pro volbu svého tématu, která začala jeho účastí ve výzkumném projektu GAČR DEPIES. Zmiňuje orientaci práce na metody využívající matice pro rozhodování a popsal strukturu disertační práce. V další kapitole formuloval hlavní cíl své disertační práce:

„Návrh metod pro simulaci lidského chování, které by bylo schopné zpracovat rozhodovací postupy podle vnitřních potřeb agenta i plánovaného scénáře“

i následující dílčí cíle:

- Udělat přehled aplikačních oblastí simulace lidské aktivity.
- Udělat přehled studií, které popisují fuzzy kognitivní mapy (FCM) a jejich modifikace se zaměřením na přístup založeném na agentovi.
- Specifikovat modifikovanou metodu FCM pro simulaci lidské aktivity.
- Navrhnout obecnou metodologickou proceduru pro návrh a implementaci simulace lidské aktivity pro vybrané aplikační oblasti.
- Implementovat metodologii na model ambientní inteligence
- Udělat syntézu výsledků.

Následující 3. kapitola provádí obsáhlou literární rešerši stavu poznání v oblastech, které souvisí s tématem dizertace: rozhodování pomocí fuzzy kognitivních map a genetických algoritmů, simulace lidské aktivity a vybrané modely ambientní inteligence.

Ve 4. kapitole, která je těžištěm disertační práce, autor popisuje své řešení. Zavádí modifikaci fuzzy kognitivních map FCM pomocí autonomních agentů AA. Jeho metoda FCM-NAS umožňuje agentům provádět současně rozhodování a simulaci vnitřních potřeb. Předností této metody má být snadná nastavitelnost pro rychlé úpravy. Autor ukazuje některá omezení původní metody FCM i to, jak nová metoda FCM-NAS tato omezení řeší. Pomocí matematického modelu zde popisuje jednotlivé uzly navrhovaného modelu (Potřeby, Aktivity, Stav). Dále zmiňuje některé dodatečné vlastnosti metody FCM-NAS, např.: granularitu, rychlejší reakci agentů nebo paralelní aktivity a výpočet modelu FCM-NAS.

V oddíle 4.3 se autor věnuje aplikacím FCM-NAS. Tato část je spíše heuristická, bez hlubší podpory formálními modely, např. grafickými či matematickými. Podobně to je i v odd. 4.4, který představuje chování metody, odd. 4.5, který popisuje chování agentů, 4.6 s názvem genetické algoritmy, 4.7 zaměřený na podporu režimu Multi-Agent a 4.8 zaměřený na implementaci.

5. kapitolu nazval autor Výsledky. Zde se postupně zabývá nabídkou možných chování a též odděleným testem obou subsystémů chování, tj. chováním orientovaným pouze na potřeby, pouze rutinním chováním i jejich kombinací. Uvádí výsledky, např. výpočetní výkonnost, které získal podle zvolených scénářů příslušné případové studie. Též ukazuje výsledek experimentu modifikací struktury FCM-NAS, zaměřeného na snížení časové složitosti, tj. nároků na dobu výpočtu. Zde zmiňuje i možnosti využití strojového učení.

V 6. kapitole autor porovnává své výsledky s výsledky podobných metod. Výsledkem je tabulka vlastností jednotlivých zmiňovaných metod ale bez podrobnější zmínky, jak získal jednotlivá hodnocení. V této kapitole autor též konstatuje, že se mu podařilo splnit všechny plánované cíle a načrtnul směr dalšího výzkumu.

Práce obsahuje rozsáhlý seznam 84 citovaných publikací i seznam 12 autorových publikací, z toho 2 v časopisech s IF.

Dizertační práce Ing. Tomáše Nacházela je napsána anglicky, dobrou angličtinou. Práce je napsána srozumitelně a kultivovaným způsobem, má dobrou grafickou úroveň a je dobře strukturovaná. Stanovené cíle jsou nepochybně aktuální a autorovi se je povedlo splnit. Autor přesvědčivě využíval širokou paletu kvalitních literárních zdrojů, na které se v práci odkazoval. Výsledky práce mohou mít uplatnění jak v oblasti teorie, tak v praxi (např. v oblasti počítačových her, ale i ve vojenství apod.). Autor je publikačně aktivní, má 12 publikací, z toho 2 v časopisech s IF. Autor se též pravidelně zapojuje do výzkumných projektů, např. v projektu DEPIES v rámci GAČR publikoval původní výsledky svého výzkumu. Dizertační práce je originální a její téma nepochybně patří k příslušnému studijnímu oboru Applied Informatics.

Autor mi poskytl málo příležitostí k námitkám či kritice. Našel jsem tam pouze několik, vesměs formálních a podružných chyb, např.: na str. 70 je chybně uveden název projektu GAČR, v popisu scénářů by zasloužilo podrobnější vysvětlení použití pojmu pravděpodobnost jako názvu parametru aktivity, tabulka 18 na str. 91 je zobrazena „vzhůru nohama“, apod. Zmíněné závady mají velmi malou četnost a nesnižují hodnotu této práce.

Práce si vytýčila ambiciózní cíle, které autor v první části práce úspěšně naplňoval tím, že výklad opíral o seriózní reference, a též že výklad měl analytický charakter opřený o formální modely (matematické či grafické). Popis stavu poznání je někdy až zbytečně podrobný. Ve druhé části textu (přibližně od odd. 4.3) autor opustil analytický výklad a využíval spíše heuristické konstrukce a experimentální ověření. Tím bohužel snížil původně vysokou úroveň výkladu a též důvěryhodnost výsledků a přiblížil vědecký charakter práce k charakteru inženýrskému. V práci též na závěr chybí jasný formální popis výsledku, který by usnadnil používání jeho nové metody.

Doporučuji, aby Ing. Nacházel při obhajobě vysvětlil:

- 1) Jakým způsobem využívat novou metodu.
- 2) Předložená práce modifikuje metodu fuzzy kognitivních map FCM. Jakým způsobem se tam vyjadřuje neurčitost pomocí fuzzy čísel (teorie fuzzy množin)?

### **Závěr:**

Ing. Tomáš Nacházel ve své doktorské práci prokázal schopnost samostatné vědecké práce, schopnost práce s literaturou, prokázal široké znalosti z oblasti řešené problematiky, použil v práci přiměřený formální matematický aparát, přinesl původní výsledky a ověřil navržený postup na případové studii. Je publikačně aktivní, má 2 publikace v časopisech s IF a zapojuje se do výzkumných projektů katedry.

### **Proto doporučuji práci k obhajobě, kde by měl autor odpovědět na uvedené otázky.**

V případě úspěšné obhajoby pak doporučuji udělit Ing. Tomáši Nacházelovi titul PhD.

V Praze, 1. prosince 2019

Prof. Ing. Ivan Vrana, DrSc.

